

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(подпись) ФИО
«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Направление/специальность подготовки	27.04.04 Управление в технических системах
Специализация/профиль/программа подготовки	Цифровая обработка сигналов в автономных системах управления
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	10	5	180	34	17	0	17	146	0	0	146	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

27.04.04 Управление в технических системах

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И
УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Павлов Александр Сергеевич, старший преподаватель

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

Заведующий кафедрой Егоренков Л.С., к.т.н., снс

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Заведующий кафедрой Егоренков Л.С., к.т.н., снс

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-4.1 — способность разрабатывать и реализовывать комплексные математические модели автономных информационных и управляющих систем
ОПК-3 — способность самостоятельно решать задачи управления в технических системах на базе последних достижений науки и техники
ОПК-8 — способность выбирать методы и разрабатывать системы управления сложными техническими объектами и технологическими процессами

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-4.1

знания:

методы математического моделирования статических и динамических процессов в технических системах;

методы оптимизации параметров автономных информационных и управляющих систем;

методы анализа и синтеза проектных решений;

умения:

разработка математических моделей объектов и систем управления;

разработка математических моделей механики и электродинамики сплошной среды;

навыки:

использование численных методов при моделировании задач механики сплошных сред;

проведение конструкторского анализа деталей и узлов автономных информационных и управляющих систем.

ОПК-3

знания:

методы математического моделирования в системах инженерного анализа;

методы оптимизации параметров технических систем;

планирование вычислительного эксперимента;

умения:

проведение математического моделирования технических систем;

использование технологий обработки информации при автоматизированном проектировании;

навыки:

планирование вычислительного эксперимента в системах инженерного анализа;

применение методов оптимизации при проектировании автономных информационных и управляющих систем.

ОПК-8

знания:

методы построения математических моделей объектов и систем управления на микроуровне;

методы построения математических моделей объектов и систем управления на макроуровне;

методы моделирования случайных событий и процессов в технических системах;

умения:

разработка систем управления;

разработка математических моделей деталей и узлов автономных информационных и управляющих систем;

навыки:

проведение математического моделирования сложных технических систем с использованием численных методов;

проведение оптимизации параметров технических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *27.04.04 Управление в технических системах*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ОСНОВЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ, ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТОК И ИССЛЕДОВАНИЙ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ, ВЫПОЛНЕНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ АВТОНОМНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ, МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, ОПТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ, ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НАЛИЧИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ (ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ) ПРАКТИКА, СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен анализировать и выявлять естественно-научную сущность проблем управления в технических системах на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики
- ОПК-10 — Способен руководить разработкой методических и нормативных документов, технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, в том числе по жизненному циклу продукции и ее качеству
- ОПК-4 — Способен осуществлять оценку эффективности результатов разработки систем управления математическими методами
- ОПК-5 — Способен проводить патентные исследования, определять формы и методы правовой охраны и защиты прав на результаты интеллектуальной деятельности, распоряжаться правами на них для решения задач в развитии науки, техники и технологии
- ОПК-7 — Способен осуществлять обоснованный выбор, разрабатывать и реализовывать на практике схемотехнические, системотехнические и аппаратно-программные решения для систем автоматизации и управления
- ПК-91 — способен к коммуникации и кооперации в цифровой среде, использованию различных цифровых средств, позволяющих во взаимодействии с другими людьми достигать поставленных целей
- ПСК-4.1 — Способен разрабатывать и реализовывать комплексные математические модели автономных информационных и управляющих систем
- ПСК-4.3 — Способен проводить проектно-конструкторские работы по созданию электромеханических и микромеханических устройств систем управления действием малогабаритных летательных аппаратов
- УК-1 — Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
- УК-2 — Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
- УК-3 — Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
- УК-4 — Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-4.1	ОПК-3	ОПК-8
5	10	Раздел 1. Общие сведения о моделировании технических систем. 1.1 Математическое моделирование технических систем. 1.2 Основные этапы математического моделирования. 1.3 Методология автоматизированного проектирования. 1.4 Структура и параметры объектов проектирования. 1.5 Формы представления математических моделей. 1.6 Классификации математических моделей. 1.7 Требования, предъявляемые к математическим моделям.	23	4	2	2	19	15	15	15
5	10	Раздел 2. Основы построения теоретических моделей систем. 2.1 Объекты проектирования на микроуровне. 2.2 Основы построения математических моделей на микроуровне. 2.3 Объекты проектирования на макроуровне. 2.4 Способы построения теоретических моделей. 2.5 Формы представления математических моделей. 2.6 Задачи качественного анализа математических моделей. 2.7 Оценка свойств математической модели. 2.8 Упрощение моделей систем.	32	5	2	3	27	15	15	15
5	10	Раздел 3. Математическое моделирование автономных информационных и управляющих систем. 3.1 Математический аппарат в механике сплошных сред. 3.2 Математические модели механики и электродинамики сплошной среды. 3.3 Численные методы в механике сплошных сред. 3.4 Основные теоретические положения для моделирования АИУС по областям анализа. 3.5 САЕ-системы инженерного анализа для автономных информационных и управляющих систем. 3.6 Методы проведения междисциплинарного анализа в САЕ-системах.	33	7	4	3	26	20	20	20
5	10	Раздел 4. Моделирование и анализ вероятностных систем. 4.1 Основные понятия теории вероятностей. 4.2 Моделирование случайных величин. 4.3 Моделирование реализаций случайных процессов. 4.4 Оценки вероятностных характеристик реализаций случайных процессов. 4.5 Определение статистических оценок числовых вероятностных характеристик случайных величин.	30	6	3	3	24	20	20	20
5	10	Раздел 5. Вычислительный эксперимент. 5.1 Особенности экспериментальных факторных моделей. 5.2 Основные принципы планирования эксперимента. 5.3 План эксперимента. 5.4 Регрессионный анализ. 5.5 Оценка параметров регрессионной модели. 5.6 Планы экспериментов и их свойства. 5.7 Статистический анализ результатов активного эксперимента. 5.8 Определение коэффициентов регрессионной модели и проверка их значимости. 5.9 Проверка адекватности и работоспособности регрессионной модели. 5.10 Планы второго порядка. 5.11 Регрессионный анализ результатов вычислительного эксперимента на детерминированной теоретической модели. 5.12 Получение математической модели на основе пассивного эксперимента.	27	5	3	2	22	15	15	15
5	10	Раздел 6. Оптимизация параметров технических систем. 6.1 Реализация задач топологической и параметрической оптимизации в расчетно-аналитических системах. 6.2 Принцип локальной оптимизации в методологии автоматизированного проектирования. 6.3 Параметрическая оптимизация. 6.4 Определение экстремума аналитической целевой функции. 6.5 Поиск оптимизация. 6.6 Постановка задач оптимизации. 6.7 Формирование целевой функции в многокритериальной задаче оптимизации. 6.8 Выбор управляемых параметров. 6.9 Методы поиска экстремума целевой функции. 6.10 Методы безусловной оптимизации. 6.11 Оптимизация в условиях сложного рельефа поверхности целевой функции. 6.12 Оптимизация параметра технических систем с учетом ограничений. 6.13 Оптимизация параметров на основе максиминной стратегии.	35	7	3	4	28	15	15	15
Всего за 10 семестр			180	34	17	17	146	100	100	100
Всего по дисциплине			180	34	17	17	146	100	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Общие сведения о моделировании технических систем.	Применение CAE Ansys для анализа электромеханических систем. Изучение ANSYS Maxwell 2D.	2
2	Раздел 2. Основы построения теоретических моделей систем.	Применение CAE Ansys для анализа электромеханических систем. Изучение ANSYS Maxwell 3D.	2

3		Изучение ANSYS Maxwell Circuit Editor.	1
4	Раздел 3. Математическое моделирование автономных информационных и управляющих систем.	Практическое задание №1. Моделирование работы индуктивного узла АИУС.	2
5		Практическое задание №2. Расчет тягового усилия электромагнита блока предохранения АИУС.	1
6	Раздел 4. Моделирование и анализ вероятностных систем.	Проведение междисциплинарных расчетов в CAE Ansys. Изучение ANSYS Simplorer.	2
7		Проведение междисциплинарных расчетов в CAE Ansys. Изучение ANSYS AIM.	1
8	Раздел 5. Вычислительный эксперимент.	Практическое задание №3. Проведение связанного междисциплинарного анализа АИУС.	2
9	Раздел 6. Оптимизация параметров технических систем.	Проведение топологической и параметрической оптимизации в CAE-системах.	2
10		Практическое задание №4. Оптимизация параметров индуктивного узла АИУС и электромагнита блока предохранения АИУС.	1
11		Практическое задание №5. Оптимизация параметров электромеханического блока АИУС.	1
Всего за 10 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Общие сведения о моделировании технических систем.	Применение CAE Ansys для анализа электромеханических систем. Изучение ANSYS Maxwell 2D.	19
2	Раздел 2. Основы построения теоретических моделей систем.	Применение CAE Ansys для анализа электромеханических систем. Изучение ANSYS Maxwell Curcuit Editor	14
3		Применение CAE Ansys для анализа электромеханических систем. Изучение ANSYS Maxwell 3D.	13
4	Раздел 3. Математическое моделирование автономных информационных и управляющих систем.	Домашнее задание №1. Моделирование работы индуктивного узла АИУС. Оформление отчета по практическому заданию №1.	13
5		Домашнее задание №2. Расчет тягового усилия электромагнита блока предохранения АИУС. Оформление отчета по практическому заданию №2.	13
6	Раздел 4. Моделирование и анализ вероятностных систем.	Проведение междисциплинарных расчетов в CAE Ansys. Изучение ANSYS Simplorer.	16
7		Проведение междисциплинарных расчетов в CAE Ansys. Изучение ANSYS AIM.	8
8	Раздел 5. Вычислительный эксперимент.	Домашнее задание №3. Проведение связанного междисциплинарного анализа АИУС. Оформление отчета по практическому заданию №3.	22
9	Раздел 6. Оптимизация параметров технических систем.	Домашнее задание №4. Оптимизация параметров индуктивного узла АИУС и электромагнита блока предохранения АИУС. Оформление отчета по практическому заданию №4.	10
10		Домашнее задание №5. Оптимизация параметров электромеханического блока АИУС. Оформление отчета по практическому заданию №5.	10
11		Изучение численных методов оптимизации в CAE-системах.	8
Всего за 10 семестр			146

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10				ДЗ		ДР			Колл	ДР		ДЗ		ДЗ		ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ДЗ – домашнее задание;
- Колл – коллоквиум;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- домашнее задание;
- коллоквиум;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. П. Тарасик. . Математическое моделирование технических систем. Минск: Дизайн ПРО, 2004, эл. рес.
2. В. С. Зарубин. . Математическое моделирование в технике. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010, эл. рес.
3. К.-Ю. Бате, Э. Л. Вилсон. . Численные методы анализа и метод конечных элементов. М.: Стройиздат, 1982, эл. рес.
4. Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17. М.: ДМК Пресс, 2017, эл. рес.
5. О. Б. Буль. . Методы расчёта магнитных систем электрических аппаратов. Программа ANSYS. М.: Академия, 2006, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

1. Автоматизация процессов управления;
2. Информационно-измерительные и управляющие системы;
3. Моделирование и анализ информационных систем.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <http://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
4. <http://www.tnt-ebook.ru> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
5. <http://ibooks.ru> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Matlab 2015a SP1;
3. SolidWorks 2015 R5;
4. КОМПАС-3D V17.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
4. Matlab 2015a SP1;
5. SolidWorks 2015 R5;
6. КОМПАС-3D V17.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *27.04.04 Управление в технических системах*. Дисциплина реализуется на факультете *Е* Оружие и системы вооружения БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой **Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-4.1 способность разрабатывать и реализовывать комплексные математические модели автономных информационных и управляющих систем;

ОПК-3 способность самостоятельно решать задачи управления в технических системах на базе последних достижений науки и техники;

ОПК-8 способность выбирать методы и разрабатывать системы управления сложными техническими объектами и технологическими процессами.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с математическим моделированием в технических системах, численным моделированием автономных информационных и управляющих систем, САЕ-системами инженерного анализа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- домашнее задание;
- коллоквиум;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 з.е., **180 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**146 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 146 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Общие сведения о моделировании технических систем.		
Применение CAE Ansys для анализа электромеханических систем. Изучение ANSYS Maxwell 2D.	В. П. Тарасик. . Математическое моделирование технических систем: Минск: Дизайн ПРО, 2004 (Главы 1, 11) В. С. Зарубин. . Математическое моделирование в технике: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010 (Главы 1-3) О. Б. Буль. . Методы расчёта магнитных систем электрических аппаратов. Программа ANSYS: М.: Академия, 2006 (Глава 1)	19
Итого по разделу 1		19
Раздел 2. Основы построения теоретических моделей систем.		
Применение CAE Ansys для анализа электромеханических систем. Изучение ANSYS Maxwell Circuit Editor	О. Б. Буль. . Методы расчёта магнитных систем электрических аппаратов. Программа ANSYS: М.: Академия, 2006 (Глава 1) В. П. Тарасик. . Математическое моделирование технических систем: Минск: Дизайн ПРО, 2004 (Главы 2-4, 7)	14
Применение CAE Ansys для анализа электромеханических систем. Изучение ANSYS Maxwell 3D.	В. С. Зарубин. . Математическое моделирование в технике: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010 (Главы 1-3)	13
Итого по разделу 2		27
Раздел 3. Математическое моделирование автономных информационных и управляющих систем.		
Домашнее задание №1. Моделирование работы индуктивного узла АИУС. Оформление отчета по практическому заданию №1.	К.-Ю. Бате, Э. Л. Вилсон. . Численные методы анализа и метод конечных элементов: М.: Стройиздат, 1982 (Главы 2, 6) Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Главы 1-4)	13
Домашнее задание №2. Расчет тягового усилия электромагнита блока предохранения АИУС. Оформление отчета по практическому заданию №2.	О. Б. Буль. . Методы расчёта магнитных систем электрических аппаратов. Программа ANSYS: М.: Академия, 2006 (Главы 1-3) В. С. Зарубин. . Математическое	13

	моделирование в технике: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010 (Главы 4-7)	
Итого по разделу 3		26
Раздел 4. Моделирование и анализ вероятностных систем.		
Проведение междисциплинарных расчетов в САЕ Ansys. Изучение ANSYS Simplorer.	В. П. Тарасик. . Математическое моделирование технических систем: Минск: Дизайн ПРО, 2004 (Глава 10) Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Главы 1-4)	16
Проведение междисциплинарных расчетов в САЕ Ansys. Изучение ANSYS AIM.	О. Б. Буль. . Методы расчёта магнитных систем электрических аппаратов. Программа ANSYS: М.: Академия, 2006 (Глава 1)	8
Итого по разделу 4		24
Раздел 5. Вычислительный эксперимент.		
Домашнее задание №3. Проведение связанного междисциплинарного анализа АИУС. Оформление отчета по практическому заданию №3.	В. С. Зарубин. . Математическое моделирование в технике: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010 (Главы 4-7) В. П. Тарасик. . Математическое моделирование технических систем: Минск: Дизайн ПРО, 2004 (Глава 11) О. Б. Буль. . Методы расчёта магнитных систем электрических аппаратов. Программа ANSYS: М.: Академия, 2006 (Глава 1) Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Главы 1-4)	22
Итого по разделу 5		22
Раздел 6. Оптимизация параметров технических систем.		
Домашнее задание №4. Оптимизация параметров индуктивного узла АИУС и электромагнита блока предохранения АИУС. Оформление отчета по практическому заданию №4.	О. Б. Буль. . Методы расчёта магнитных систем электрических аппаратов. Программа ANSYS: М.: Академия, 2006 (Разделы 1-3)	10
Домашнее задание №5. Оптимизация параметров электромеханического блока АИУС. Оформление отчета по практическому заданию №5.	В. П. Тарасик. . Математическое моделирование технических систем: Минск: Дизайн ПРО, 2004 (Глава 12) Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (Главы 1-4)	10
Изучение численных методов оптимизации в САЕ-системах.		8
Итого по разделу 6		28

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- коллоквиум;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Домашнее задание

Перечень тем домашних заданий:

- расчет тягового усилия электромагнита блока предохранения АИУС;
- моделирование работы индуктивного узла АИУС;
- проведение связанного междисциплинарного анализа АИУС;
- оптимизация параметров индуктивного узла АИУС и электромагнита блока предохранения АИУС;
- оптимизация параметров электромеханического блока АИУС.

Решения домашних заданий представляются в печатной или рукописной форме. Каждое задание содержит 1 задачу. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Оценка качества выполнения домашней работы осуществляется преподавателем по четырёхбалльной системе.

Оценка снижается:

- на 0,5 балла при небрежном выполнении,
- на 0,5 балла при низком качестве графического материала (расчетных схем, графиков и таблиц),
- на 2 бала при ошибках в аналитических и численных расчетах.

Итоговая оценка за домашнее задание:

- «отлично» - при сумме баллов от 4,5 до 5,
- «хорошо» - при сумме баллов от 4 до 4,5,
- «удовлетворительно» - при сумме баллов не менее 3.

По результатам сдачи обучающимся домашнего задания преподаватель выставляет оценку согласно вышеуказанным критериям, при этом контрольное мероприятие считается успешно пройденным в случае получения обучающимся оценки не ниже, чем «удовлетворительно».

Коллоквиум

Проводится в устной форме. На коллоквиум выносятся часть материала экзамена; оценка за коллоквиум учитывается при выставлении оценки по итогам экзамена.

Ответ оценивается преподавателем по четырёхбалльной системе; оцениваются корректность и полнота ответа.

Оценка выставляется согласно следующим критериям:

«отлично» - глубокое усвоение материала - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении вопроса, правильно обоснованные решения, владение разносторонними навыками и приемами;

«хорошо» - знание программного материала - грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач;

«удовлетворительно» - усвоение основного материала - при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении материала, затруднения в выполнении практических заданий;
«неудовлетворительно» - незнание материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

По результатам сдачи обучающимся коллоквиума преподаватель выставляет оценку согласно вышеуказанным критериям, при этом контрольное мероприятие считается успешно пройденным в случае получения обучающимся оценки не ниже, чем «удовлетворительно».

Перечень вопросов, выносимых на коллоквиум:

- математическое моделирование как элемент конструкторского анализа АИУС;
- основы построения математических моделей на микроуровне;
- основы построения математических моделей на макроуровне;
- способы построения теоретических моделей;
- формы представления математических моделей;
- оценка свойств математической модели;
- упрощение моделей систем;
- математическое моделирование АИУС в САЕ-системах;
- численные методы в САЕ-системах;
- реализация метода конечных элементов в САЕ-системах;
- реализация метода контрольных объемов в САЕ-системах;
- реализация метода конечных разностей в САЕ-системах;
- реализация метода дискретных элементов в САЕ-системах;
- реализация метода граничных элементов в САЕ-системах;
- реализация метода спектральных элементов в САЕ-системах;
- моделирование и анализ вероятностных систем;
- моделирование стационарных задач механики сплошных сред;
- моделирование нестационарных задач механики сплошных сред.

Вопросы к экзамену

Понятия математической модели и метода моделирования.

Математическое моделирование как элемент конструкторского анализа. Роль конструкторского анализа при проектировании АИУС.

Понятия прикладного математического моделирования и прикладного пакета математического моделирования.

Классификация математических моделей.

Требования, предъявляемые к математическим моделям.

Основы построения математических моделей на микроуровне.

Основы построения математических моделей на макроуровне.

Способы построения теоретических моделей.

Формы представления математических моделей.

Оценка свойств математической модели.

Методы упрощения математических моделей.

Критерии адекватности математических моделей.

Теория принятия решений. Этапы принятия решения.

Теория сложных систем.

Теория планирования вычислительного эксперимента. Разновидности вычислительного эксперимента.

Планирование вычислительного эксперимента.

Планы вычислительных экспериментов и их свойства.

Получение математической модели на основе пассивного эксперимента.

Статистический анализ результатов активного эксперимента.

Корреляционный анализ.

Регрессионный анализ.

Определение коэффициентов регрессионной модели и проверка их значимости.

Проверка адекватности и работоспособности регрессионной модели.

Регрессионный анализ результатов вычислительного эксперимента на детерминированной теоретической модели.

Методология имитационного моделирования. Принципы выбора математических моделей.

Статистическая обработка экспериментальных данных. Дисперсионный анализ.

Моделирование и анализ вероятностных систем.

Моделирование случайных величин. Определение статистических оценок числовых вероятностных характеристик случайных величин.

Моделирование реализаций случайных событий и процессов. Оценки вероятностных характеристик реализаций случайных процессов.
Понятие оптимизации технических систем. Виды оптимизации. Задачи оптимизации.
Критерии оптимизации.
Принцип локальной оптимизации в методологии автоматизированного проектирования.
Параметрическая и поисковая оптимизация.
Формирование целевой функции в многокритериальной задаче оптимизации. Выбор управляемых параметров.
Методы поиска экстремума целевой функции.
Методы безусловной оптимизации.
Оптимизация параметров на основе максиминной стратегии.
Методология автоматизированного проектирования АИУС. Математическое моделирование АИУС в САЕ системах.
Системы автоматизации научных исследований и инженерных расчетов.
Метод конечных элементов.
Метод контрольного объема.
Метод конечных разностей.
Метод дискретных элементов.
Метод граничных элементов.
Метод гидродинамики сглаженных частиц SPH.
Метод блочной итерации подпространств.
Метод суперпозиции мод.
Метод взвешенных невязок.
Линейный прочностной анализ АИУС.
Нелинейный прочностной анализ АИУС.
Динамический прочностной анализ АИУС.
Анализ устойчивости АИУС.
Модальный анализ АИУС.
Гармонический анализ АИУС.
Анализ случайных вибраций АИУС.
Спектральный анализ АИУС.
Кинематический анализ АИУС.
Стационарный тепловой анализ АИУС.
Нестационарный тепловой анализ АИУС.
Моделирование нелинейных быстропротекающих процессов.
Моделирование стационарных задач вычислительной гидрогазодинамики.
Моделирование нестационарных задач вычислительной гидрогазодинамики.
Электромагнитный анализ АИУС.
Методы параметрической и топологической оптимизации в САЕ системах.
Междисциплинарный анализ АИУС.

Экзамен

Вопросы к экзамену оформляются в виде билета. Билет включает в себя два теоретических вопроса и практическое задание.

Оценка выставляется согласно следующим критериям:

«отлично» - глубокое усвоение материала - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении вопроса, правильно обоснованные решения, владение разносторонними навыками и приемами;
«хорошо» - знание программного материала - грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач;
«удовлетворительно» - усвоение основного материала - при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении материала, затруднения в выполнении практических заданий;
«неудовлетворительно» - незнание материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-4.1	ОПК-3	ОПК-8	
5	10	Раздел 1. Общие сведения о моделировании технических систем.	23	4	2	2	19	15	15	15	Коллоквиум, Домашнее задание
5	10	Раздел 2. Основы построения теоретических моделей систем.	32	5	2	3	27	15	15	15	Коллоквиум, Домашнее задание
5	10	Раздел 3. Математическое моделирование автономных информационных и управляющих систем.	33	7	4	3	26	20	20	20	Домашнее задание, Коллоквиум
5	10	Раздел 4. Моделирование и анализ вероятностных систем.	30	6	3	3	24	20	20	20	Домашнее задание
5	10	Раздел 5. Вычислительный эксперимент.	27	5	3	2	22	15	15	15	Домашнее задание
5	10	Раздел 6. Оптимизация параметров технических систем.	35	7	3	4	28	15	15	15	Домашнее задание, Вопросы к экзамену
Всего за 10 семестр			180	34	17	17	146	100	100	100	
Всего по дисциплине			180	34	17	17	146	100	100	100	

Критерии оценивания

ПСК-4.1

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Метод сеточного разбиения CutCells для CFD-решателей CAE ANSYS позволяет:
- а) строить неструктурированные сетки с четырехугольными элементами;
 - б) производить автоматическую декомпозицию сложной геометрии на отдельные блоки с последующим построением на каждом блоке неструктурированной сетки;
 - в) разбивать область неструктурированной сеткой с элементами треугольной формы;
 - г) выполнять построение сетки на основе правильных гексаэдров с последующим отсечением объемов, не входящих в геометрию, для коррекции поверхностной сетки.
- № 2 Команда "/mesh/smooth" в CAE Ansys Fluent направлена на следующее действие:
- а) исправление отрицательных объемов;
 - б) снятие ограничения на перемещение пограничных узлов при исправлении отрицательных объемов;
 - в) использование процедуры сглаживания с указанием процента ячеек низкого качества;
 - г) снятие ограничения на перемещение пограничных узлов при выполнении процедуры сглаживания.
- № 3 Команда "/mesh/repair-improve/repair" в CAE Ansys Fluent направлена на следующее действие:
- а) исправление отрицательных объемов;
 - б) снятие ограничения на перемещение пограничных узлов при исправлении отрицательных объемов;
 - в) использование процедуры сглаживания с указанием процента ячеек низкого качества;
 - г) снятие ограничения на перемещение пограничных узлов при выполнении процедуры сглаживания.
- № 4 Метод сеточного разбиения Multizone в системе ANSYS Meshing позволяет:
- а) строить неструктурированные сетки с четырехугольными и треугольными элементами;
 - б) производить автоматическую декомпозицию сложной геометрии на отдельные блоки с последующим построением на каждом блоке структурированной или неструктурированной сетки;
 - в) разбивать область неструктурированной сеткой с элементами треугольной формы;
 - г) строить неструктурированные сетки с треугольными элементами.
- № 5 Слоистое течение без случайных пульсаций скорости, давления, температуры и других характеристик течения:
- а) турбулентное течение;
 - б) ламинарное течение;
 - в) вязкое течение;

- г) сверхзвуковое течение.
- № 6 Бессеточный численный метод моделирования эволюции материального континуума различной физической природы, основанный на получении большого числа численных реализаций случайного процесса:
- а) метод вязких вихретепловых доменов;
- б) метод Бубнова-Галеркина;
- в) метод Монте-Карло;
- г) метод Нелдера-Мида.
- № 7 Процесс при постоянной плотности
- а) изохорный процесс;
- б) изоэнтропический процесс;
- в) изобарический процесс;
- г) адиабатический процесс.
- № 8 К уравнению состояния продуктов детонации из перечисленных можно отнести:
- а) Уравнение Джона-Уилкинса-Ли;
- б) Уравнение Нахди;
- в) Уравнение Тиллотсона;
- г) Уравнение Джонсона-Холмквиста.
- № 9 К моделям прочности материалов можно отнести:
- а) модель Джонсона-Кука;
- б) модель Стейнберга-Гуинана;
- в) модель Зерилли-Армстронга;
- г) модель Ми-Грюнайзена.
- № 10 К моделям турбулентности можно отнести:
- а) k-ε;
- б) k-ω;
- в) Спаларта-Аллмараса;
- г) Друкера-Прагера.
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Физическая модель прочности материала, основанная на теории дислокационной динамики, описывающая рост напряжений с уменьшением размера зерна:
- № 2 Расстояние, на которое распространяется действие ядра сглаживания в методе SPH:
- № 3 Суть метода оптимизации заключается в последовательном перемещении и деформировании симплекса вокруг точки экстремума:
- № 4 Разновидность вихревого элемента в плоскопараллельных течениях-сингулярно сосредоточенное в точке распределение завихренности:
- № 5 Подкласс бессеточных численных методов для решения задач гидрогазодинамики, основанный на непосредственно лагранжевом моделировании эволюции поля завихренности с использованием интегральной процедуры восстановления кинематических и динамических полей движущейся несжимаемой жидкости:
- № 6 Отличие этого метода от классического метода конечных элементов заключается в использовании конечных элементов Неделека:
- № 7 Область исследования, вовлекающая понятия и методы математики, статистики,

	экономики, менеджмента и психологии с целью изучения закономерностей выбора людьми путей решения проблем и задач, а также способов достижения желаемого результата:
№ 8	Промежуточные данные, возникающие во время вычислений обратного хода в сверточной нейронной сети аналогично тому, как карты признаков возникают во время вычислений прямого хода:
№ 9	Соответствие результатов вычислительного эксперимента моделируемому изделию (явлению, процессу) по обоснованному перечню характеристик:
№ 10	Критерий качества сеточного разбиения Orthogonal Quality для CFD-решателей в системе ANSYS Meshing может принимать значения:
ОПК-3	
	<i>Вопросы открытого типа:</i>
№ 1	Цель анализа: <ul style="list-style-type: none"> а) получить информацию о характере функционирования объекта проектирования; б) выбрать или рассчитать значения отдельных параметров проекта; в) определить множество возможных проектных решений; г) разработать техническое задание на проектирование. Задача структурного синтеза: <ul style="list-style-type: none"> а) получить информацию о характере функционирования объекта проектирования; б) выбрать или рассчитать значения отдельных параметров проекта; в) определить множество проектных решений; г) разработать техническое задание на проектирование.
№ 2	Математической моделью конфликтных ситуаций является: <ul style="list-style-type: none"> а) система массового обслуживания; б) теория вероятностей; в) теория игр; г) теория графов.
№ 3	Критерий устойчивости явного численного решения дифференциальных уравнений в частных производных: <ul style="list-style-type: none"> а) Куранта-Фридрихса-Леви; б) Фишера; в) Левенберга-Марквардта; г) Джонсона-Кука.
№ 4	Собственные частоты изгибных колебаний балки при наличии предварительных напряжений растяжения: <ul style="list-style-type: none"> а) равны нулю; б) увеличиваются; в) уменьшаются; г) нет верных ответов.
№ 5	Критерий качества сеточного разбиения в системе ANSYS Meshing, который определяет насколько близка форма элемента к идеальной (равносторонний треугольник, прямоугольник): <ul style="list-style-type: none"> а) Orthogonal Quality;
№ 6	

	б) Skewness;
	в) Sweep;
	г) Maximum Corner Angle.
№ 7	Для каких областей анализа предназначены следующие программные модули CAE ANSYS:
	а) Steady-State Thermal;
	б) LS-DYNA;
	в) Transient Thermal;
	г) Modal.
	Варианты ответов:
	1) нестационарный тепловой анализ;
	2) модальный анализ;
	3) анализ высокоскоростных нелинейных динамических процессов;
	4) стационарный тепловой анализ.
№ 8	Граничное условие в CAE Ansys Steady-State Thermal, предусматривающее задание плотности теплового потока:
	а) Convection;
	б) Heat Flow;
	в) Perfectly Insulation;
	г) Heat Flux.
№ 9	Граничное условие в CAE Ansys Maxwell, предназначенное для задания бесконечных границ расчетной области:
	а) Balloon;
	б) Vector Potential;
	в) Flux Lines;
	г) Scalar Potential;
№ 10	К моделям турбулентности можно отнести:
	а) k-ε;
	б) k-ω;
	в) Спаларта-Аллмараса;
	г) Друкера-Прагера.
	<i>Вопросы закрытого типа:</i>
№ 1	Статистический метод анализа результатов наблюдений, зависящих от различных одновременно действующих факторов, основанный на сравнении оценок дисперсий соответствующих групп выборочных данных:
№ 2	Координаты частицы сплошной среды, которые соответствуют ее текущему положению относительно фиксированной системы координат:
№ 3	Уравнение, связывающее между собой термодинамические параметры системы, такие как температура, давление, объем и массовая скорость, а также их приращения:
№ 4	Минимальной невязкой по методу взвешенных невязок считается та невязка, которая:

- № 5 Процесс переноса тепловой энергии при перемещении объемов жидкости или газа в пространстве из области с одной температурой в область с другой называется:
- № 6 Чрезмерные искажения расчетной сетки при использовании Лагранжевого решателя в CAE Ansys Autodyn по типу «песочных часов» («Hourglass») устраняются путем введения следующего алгоритма:
- № 7 Наихудшему качеству ортогональности ячеек сеток соответствует значение:
- № 8 Процесс с нулевым внешним притоком энергии называется:
- № 9 Отношение скорости среды к местной скорости звука называется:
- № 10 Немонотонность решения в методе гидродинамики сглаженных частиц сглаживается путем введения:

ОПК-8

Вопросы открытого типа:

- № 1 Для каких областей анализа предназначены следующие программные модули CAE ANSYS:
- а) Autodyn;
 - б) Fluent;
 - в) Maxwell;
 - г) Motion.
- Варианты ответов:
- 1) анализ электромагнитных полей;
 - 2) динамика жидкостей и газов;
 - 3) анализ высокоскоростных нелинейных динамических процессов;
 - 4) кинематический анализ.
- № 2 К моделям прочности материалов можно отнести:
- а) модель Джонсона-Кука;
 - б) модель Стейнберга-Гуинана;
 - в) модель Зерилли-Армстронга;
 - г) модель Ми-Грюнайзена.
- № 3 К вариационным методам можно отнести следующий метод:
- а) метод Рэлея-Ритца;
 - б) метод Рунге-Кутты;
 - в) метод Якоби;
 - г) метод Крамера.
- № 4 Критерий устойчивости явного численного решения дифференциальных уравнений в частных производных:
- а) Куранта-Фридрихса-Леви;
 - б) Фишера;
 - в) Кохрена;
 - г) Джонсона-Кука.
- № 5 Задача параметрического синтеза:
- а) получить информацию о характере функционирования объекта проектирования;
 - б) выбрать или рассчитать значения отдельных параметров проекта;

- в) определить множество проектных решений;
- г) разработать техническое задание на проектирование.
- № 6 Какую модель прочности из перечисленных целесообразно использовать для анализа высокоскоростного разрушения бетонной конструкции:
- а) Джонсона-Кука;
- б) Ху-Вашицу;
- в) Риделя-Хармайера-Тома;
- г) Стейнберга-Гуинана.
- № 7 Какую модель прочности из перечисленных целесообразно использовать для описания поведения грунтов и горных пород:
- а) Друкера-Прагера;
- б) Пэжины;
- в) Джонсона-Кука;
- г) Джона-Уилкинса-Ли.
- № 8 Уравнение состояния, устанавливающее зависимость между давлением, молярным объемом и абсолютной температурой идеального газа:
- а) Менделеева-Клапейрона;
- б) Нахди;
- в) Тиллотсона;
- г) Ми-Грюнайзена.
- № 9 Линейные контакты в CAE ANSYS Mechanical, рассчитываемые за одну итерацию:
- а) Rough;
- б) Frictionless;
- в) No separation;
- г) Bonded.
- № 10 Нелинейные контакты в CAE ANSYS Mechanical, требующие использования метода Ньютона-Рафсона и большого числа итераций:
- а) Rough;
- б) Frictionless;
- в) No separation;
- г) Bonded.
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 В основе метода лежит разложение неизвестного решения по собственным модам и переход к модальным координатам:
- № 2 В методе гидродинамики сглаженных частиц SPH весовая функция заданного вида, позволяющая строить непрерывные распределения параметров сплошной среды по дискретному множеству условных частиц:
- № 3 Наихудшему качеству ортогональности ячеек сеток соответствует значение:
- № 4 Минимальной невязкой по методу взвешенных невязок считается невязка, которая:
- № 5 Уравнение, связывающее между собой термодинамические параметры системы, такие как температура, давление, объем и массовая скорость, а также их приращения:
- № 6 Система, в общем случае состоящая из технических средств, программного,

методического и организационного обеспечения и квалифицированного персонала, предназначенная для проведения полигонных испытаний как результата исследования свойств цифровой модели (или цифрового двойника) объекта испытаний:

- № 7 Немонотонность решения в методе гидродинамики сглаженных частиц сглаживается путем введения:
- № 8 Метод решения краевой задачи, в котором благодаря использованию функций Грина, она сводится к интегральному уравнению на границе расчетной области:
- № 9 Метод состоит в синхронных итерациях собственного вектора в подпространстве заданного измерения:
- № 10 Суть метода оптимизации заключается в последовательном перемещении и деформировании симплекса вокруг точки экстремума: